

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2002-131214

(P2002-131214A)

(43)公開日 平成14年5月9日(2002.5.9)

(51)Int.Cl'
G 0 1 N 15/00
15/14
H 0 1 L 31/09
H 0 1 S 3/00
3/094

識別記号

F I
G 0 1 N 15/00
15/14
H 0 1 S 3/00
H 0 1 L 31/00
H 0 1 S 3/094

テマコード(参考)
A 5 F 0 7 2
P 5 F 0 8 8
F
A
S

審査請求 未請求 請求項の数4 OL (全5頁)

(21)出願番号 特願2000-327464(P2000-327464)

(22)出願日 平成12年10月26日(2000.10.26)

(71)出願人 000115636
リオン株式会社
東京都国分寺市東元町3丁目20番41号

(72)発明者 松田 朋信
東京都国分寺市東元町3丁目20番41号 リ
オン株式会社内

(72)発明者 佐々木 憲司
東京都国分寺市東元町3丁目20番41号 リ
オン株式会社内

(74)代理人 100085257
弁理士 小山 有 (外1名)

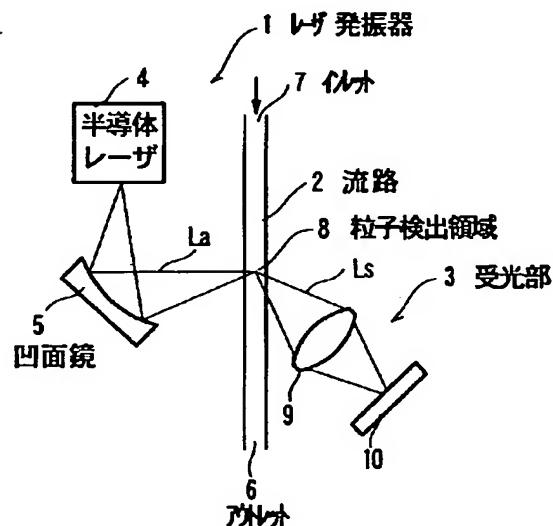
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 レーザ発振器とそれを用いた光散乱式粒子検出器

(57)【要約】

【課題】 レーザ光の戻りによるレーザ光の強度のゆらぎを低減することによって、粒子検出における信号対雑音比を十分高くし、比較的小さい粒径の粒子を正確に検出できる光散乱式粒子検出器を提供する。

【解決手段】 光源として半導体レーザ4を用い、流路2を形成する試料流体中に含まれる粒子を検出する光散乱式粒子検出器において、半導体レーザ4から放射されるレーザ光L_aを凹面鏡5により流路2に集光させて粒子検出領域8を形成する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 半導体レーザが放射する励起用レーザ光によりレーザ媒質を励起させてレーザ光を放射するレーザ発振器において、前記半導体レーザが放射する励起用レーザ光を凹面鏡により前記レーザ媒質に集光させ、前記凹面鏡で反射した前記半導体レーザが放射する励起用レーザ光の中心軸と前記レーザ媒質の光軸との間に所定角度を設けることを特徴とするレーザ発振器。

【請求項2】 光源として半導体レーザを用い、流路を形成する試料流体中に含まれる粒子を検出する光散乱式粒子検出器において、前記半導体レーザから放射されるレーザ光を凹面鏡により前記流路に集光させて粒子検出領域を形成することを特徴とする光散乱式粒子検出器。

【請求項3】 光源として半導体レーザを用い、流路を形成する試料流体中に含まれる粒子を検出する光散乱式粒子検出器において、前記半導体レーザから放射されるレーザ光を凹面鏡と集光レンズにより前記流路に集光させて粒子検出領域を形成し、前記凹面鏡で反射した前記半導体レーザが放射するレーザ光の中心軸と前記集光レンズの光軸との間に所定角度を設けることを特徴とする光散乱式粒子検出器。

【請求項4】 半導体レーザが放射する励起用レーザ光によりレーザ媒質を励起させ、このレーザ媒質が放射するレーザ光を試料流体が形成する流路に集光させて粒子検出領域を形成し、この粒子検出領域に含まれる粒子を検出する光散乱式粒子検出器において、前記半導体レーザが放射する励起用レーザ光を凹面鏡により前記レーザ媒質に集光させ、前記凹面鏡で反射した前記半導体レーザが放射する励起用レーザ光の中心軸と前記レーザ媒質の光軸との間に所定角度を設けることを特徴とする光散乱式粒子検出器。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、半導体レーザを用いたレーザ発振器とそれを用いて試料流体中に含まれる粒子を検出する光散乱式粒子検出器に関する。

【0002】

【従来の技術】従来の光散乱式粒子検出器としては、図5に示すように、レーザ発振器を構成するレーザ媒質100と反射鏡101の間に粒子検出対象となる流体により流路102を形成し、半導体レーザ103の励起用レーザ光L_eを集光レンズ104でレーザ媒質100に集光させてレーザ媒質100を励起させ、レーザ媒質100と反射鏡101の間で共振するレーザ光L_aと流路102が交差する箇所を粒子検出領域105とし、共振するレーザ光L_aによって粒子検出領域105で発生する散乱光L_sを受光部106で受光して散乱光L_sの強度に応じた電気信号から試料流体中に含まれる粒子を検出するものが知られている。

【0003】更に、特公平6-58318号公報に記載

50

されているように、レーザ媒質100の集光レンズ104と対向する面に、半導体レーザ103の励起波長（レーザ媒質100のポンピング波長）を通す反射防止膜およびレーザ媒質100の発振波長を反射する特性を有する高反射膜をコーティングしている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかし、図5に示す光散乱式粒子検出器においては、レーザ媒質100の集光レンズ104と対向する面に、半導体レーザ103の励起波長を通す反射防止膜をコーティングしても、励起用レーザ光L_eが半導体レーザ103に戻り光として入射したり、またレーザ媒質100の発振波長を反射する特性を有する高反射膜をコーティングしても、レーザ媒質100と反射鏡101との間の共振するレーザ光L_aがレーザ媒質100を透過して再び、半導体レーザ103に戻り光として入射したりするため、これらの戻り光により共振するレーザ光L_aの強度がゆらぎ、このゆらぎが粒子検出における信号対雑音比を低下させる原因となっていた。

20 【0005】本発明は、従来の技術が有するこのような問題点に鑑みてなされたものであり、その目的とすることは、レーザ光の戻りによるレーザ光の強度のゆらぎを低減したレーザ発振器及び、レーザ光の戻りによるレーザ光の強度のゆらぎを低減することによって、粒子検出における信号対雑音比を十分高くし、比較的小さい粒径の粒子を正確に検出できる光散乱式粒子検出器を提供しようとするものである。

【0006】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決すべく請求項1に係る発明は、半導体レーザが放射する励起用レーザ光によりレーザ媒質を励起させてレーザ光を放射するレーザ発振器において、前記半導体レーザが放射する励起用レーザ光を凹面鏡により前記レーザ媒質に集光させ、前記凹面鏡で反射した前記半導体レーザが放射する励起用レーザ光の中心軸（主光線）と前記レーザ媒質の光軸との間に所定角度を設けるものである。

【0007】請求項2に係る発明は、光源として半導体レーザを用い、流路を形成する試料流体中に含まれる粒子を検出する光散乱式粒子検出器において、前記半導体レーザから放射されるレーザ光を凹面鏡により前記流路に集光させて粒子検出領域を形成するものである。

40 【0008】請求項3に係る発明は、光源として半導体レーザを用い、流路を形成する試料流体中に含まれる粒子を検出する光散乱式粒子検出器において、前記半導体レーザから放射されるレーザ光を凹面鏡と集光レンズにより前記流路に集光させて粒子検出領域を形成し、前記凹面鏡で反射した前記半導体レーザが放射するレーザ光の中心軸（主光線）と前記集光レンズの光軸との間に所定角度を設けるものである。

【0009】請求項4に係る発明は、半導体レーザが放

射する励起用レーザ光によりレーザ媒質を励起させ、このレーザ媒質が放射するレーザ光を試料流体が形成する流路に集光させて粒子検出領域を形成し、この粒子検出領域に含まれる粒子を検出する光散乱式粒子検出器において、前記半導体レーザが放射する励起用レーザ光を凹面鏡により前記レーザ媒質に集光させ、前記凹面鏡で反射した前記半導体レーザが放射する励起用レーザ光の中心軸（主光線）と前記レーザ媒質の光軸との間に所定角度を設けるものである。

【0010】

【発明の実施の形態】以下に本発明の実施の形態を添付図面に基づいて説明する。ここで、図1は本発明の第1の実施の形態に係る光散乱式粒子検出器の概略構成図、図2は本発明の第2の実施の形態に係る光散乱式粒子検出器の概略構成図、図3は本発明の第3の実施の形態に係る光散乱式粒子検出器の概略構成図、図4は本発明の第4の実施の形態に係る光散乱式粒子検出器の概略構成図である。

【0011】本発明の第1の実施の形態に係る光散乱式粒子検出器は、図1に示すように、光源としてのレーザ発振器1と、検出対象となる流体により形成される流路2と、散乱光Lsを受光する受光部3を備えている。

【0012】レーザ発振器1は、レーザ光Laを放射する半導体レーザ4と、レーザ光Laを受けて流路2に集光する凹面鏡5からなる。そして、半導体レーザ4と凹面鏡5は真正面に対向していない、即ち半導体レーザ4の光軸と凹面鏡5の光軸は一致していないので、半導体レーザ4が放射したレーザ光Laは凹面鏡5で反射した後に半導体レーザ4に戻ることはない。

【0013】流路2は、粒子の検出対象となる流体をアウトレット6の下流に接続した吸引ポンプ（不図示）が吸引することにより、流体がインレット7からアウトレット6にながれて形成される。レーザ光Laと流路2が交差する箇所が粒子検出領域8となる。

【0014】受光部3は、粒子検出領域8で生じる散乱光Lsを集光する集光レンズ9と、集光した散乱光Lsを光電変換するフォトダイオード10などを備え、流体に粒子が含まれている場合に粒子検出領域8において粒子に照射されたレーザ光Laによる散乱光Lsを受光し、散乱光Lsの強度に応じた電気信号を出力する。

【0015】以上のように構成した第1の実施の形態に係る光散乱式粒子検出器においては、半導体レーザ4が放射するレーザ光Laが再び半導体レーザ4に戻るので、半導体レーザ4が放射するレーザ光Laの強度のゆらぎの程度を低減できる。

【0016】次に、本発明の第2の実施の形態に係る光散乱式粒子検出器は、図2に示すように、光源としてのレーザ発振器20と、検出対象となる流体により形成される流路2と、散乱光Lsを受光する受光部3を備えている。なお、図1に示す符号と同一のものについては説

明を省略する。

【0017】レーザ発振器20は、レーザ光Laを放射する半導体レーザ21と、レーザ光Laを反射して方向を変える凹面鏡22と、凹面鏡22で反射したレーザ光Laを流路2に集光する集光レンズ23からなる。そして、凹面鏡22で反射したレーザ光Laの中心軸（主光線）Lacと集光レンズ23の光軸23aの間に所定角度θを設けている。

【0018】従って、凹面鏡22で反射するレーザ光Laは集光レンズ23で一部反射して、凹面鏡22側に戻るが、所定角度θを設けたことにより、集光レンズ23で反射したレーザ光Laが再び凹面鏡22で反射して半導体レーザ21に戻ることはない。

【0019】以上のように構成した第2の実施の形態に係る光散乱式粒子検出器においては、凹面鏡22で反射したレーザ光Laの中心軸（主光線）Lacと集光レンズ23の光軸23aの間に所定角度θを設けることによって、半導体レーザ21が放射するレーザ光Laが再び半導体レーザ21に戻るのを防止できるので、半導体レーザ4が放射するレーザ光Laの強度のゆらぎの程度を低減できる。

【0020】次に、本発明の第3の実施の形態に係る光散乱式粒子検出器は、図3に示すように、光源としてのレーザ発振器30と、検出対象となる流体により形成される流路2と、散乱光Lsを受光する受光部3を備えている。なお、図1に示す符号と同一のものについては説明を省略する。

【0021】レーザ発振器30は、励起用レーザ光Leを放射する半導体レーザ31と、励起用レーザ光Leを反射して集光する凹面鏡32と、凹面鏡32で集光した励起用レーザ光Leを受けて励起し、レーザ光Laを放射するレーザ媒質33と、レーザ媒質33と流路2を挟んで対向して設置され、レーザ媒質33が放射するレーザ光Laを反射する反射鏡34からなる。レーザ媒質33と反射鏡34の間で共振するレーザ光Laが発生する。そして、凹面鏡32で反射した励起用レーザ光Leの中心軸（主光線）Lecとレーザ媒質33の光軸33aとの間に所定角度θを設けている。

【0022】従って、凹面鏡32で集光した励起用レーザ光Leがレーザ媒質33で反射したり、レーザ媒質33が放射したレーザ光Laが反射鏡34で反射した後、その一部がレーザ媒質33を透過して凹面鏡32側に出でたりするが、凹面鏡32で反射した励起用レーザ光Leの中心軸（主光線）Lecとレーザ媒質33の光軸33aとの間に所定角度θを設けているので、励起用レーザ光Le及びレーザ光Laの一部が半導体レーザ31に戻ることはない。

【0023】以上のように構成した第3の実施の形態に係る光散乱式粒子検出器においては、凹面鏡32で反射した励起用レーザ光Leの中心軸（主光線）Lecとレ

レーザ媒質33の光軸33aの間に所定角度θを設けることによって、半導体レーザ31が放射する励起用レーザ光L_eが再び半導体レーザ31に戻ったり、レーザ光L_aの一部が半導体レーザ31に戻ったりするのを防止できるので、励起用レーザ光L_eの強度にゆらぎが生ぜず、レーザ媒質33が放射するレーザ光L_aの強度のゆらぎの程度を低減できる。

【0024】次に、本発明の第4の実施の形態に係る光散乱式粒子検出器は、図4に示すように、光源としてのレーザ発振器40と、検出対象となる流体により形成される流路2と、散乱光L_sを受光する受光部3を備えている。なお、図1に示す符号と同一のものについては説明を省略する。

【0025】レーザ発振器40は、励起用レーザ光L_eを放射する半導体レーザ41と、励起用レーザ光L_eを反射して集光する凹面鏡42と、凹面鏡42で集光した励起用レーザ光L_eを受けて励起し、レーザ光L_aを放射するレーザ媒質43と、レーザ媒質43と対向して設置され、レーザ媒質43が放射するレーザ光L_aを反射する半透鏡44からなる。レーザ媒質43と半透鏡44の間で共振するレーザ光L_aが発生し、このレーザ光L_aの一部が半透鏡44を透過して粒子検出領域8を照射する。そして、凹面鏡42で反射した励起用レーザ光L_eの中心軸(主光線)L_ecとレーザ媒質43の光軸43aとの間に所定角度θを設けている。

【0026】従って、凹面鏡42で集光した励起用レーザ光L_eがレーザ媒質43で反射したり、レーザ媒質43が放射したレーザ光L_aが半透鏡44で反射した後、その一部がレーザ媒質43を透過して凹面鏡42側に出でたりするが、凹面鏡42で反射した励起用レーザ光L_eの中心軸(主光線)L_ecとレーザ媒質43の光軸43aとの間に所定角度θを設けているので、励起用レーザ光L_e及びレーザ光L_aの一部が半導体レーザ41に戻ることはない。

【0027】以上のように構成した第4の実施の形態に係る光散乱式粒子検出器においては、凹面鏡42で反射した励起用レーザ光L_eの中心軸(主光線)L_ecとレーザ媒質43の光軸43aとの間に所定角度θを設けることによって、半導体レーザ41が放射する励起用レーザ光L_eが再び半導体レーザ41に戻ったり、レーザ光L_aの一部が半導体レーザ41に戻ったりするのを防止できるので、励起用レーザ光L_eの強度にゆらぎが生ぜず、レーザ媒質43が放射するレーザ光L_aの強度のゆらぎの程度を低減できる。

【0028】なお、凹面鏡とは、四形に湾曲した反射鏡であり、例えば球面状の凹面鏡を本発明において用いることができる。更に、非球面状の凹面鏡を用いれば、より集光能力を高めることができ、粒子検出領域8に高エネルギー密度で所望の強度パターンのレーザ光L_aを照射することができる。

【0029】

【発明の効果】以上説明したように請求項1に係る発明によれば、半導体レーザが放射する励起用レーザ光を凹面鏡でレーザ媒質に集光すると共に、凹面鏡で反射した励起用レーザ光の中心軸(主光線)とレーザ媒質の光軸との間に所定角度を設けたので、励起用レーザ光が再び半導体レーザに戻るのを防止でき、励起用レーザ光の強度にゆらぎが生ぜず、よってレーザ媒質が放射するレーザ光の強度のゆらぎを低減できる。

10 【0030】請求項2に係る発明によれば、半導体レーザが発するレーザ光を凹面鏡で集光して粒子検出領域を照射するので、半導体レーザが発するレーザ光が再び半導体レーザに戻るのを防止でき、半導体レーザが放射するレーザ光の強度のゆらぎを低減できる。従って、比較的小さい粒径の粒子も正確に検出できる。

【0031】請求項3に係る発明によれば、半導体レーザが発するレーザ光を凹面鏡で反射し、集光レンズで集光して粒子検出領域を照射すると共に、凹面鏡で反射したレーザ光の中心軸(主光線)と集光レンズの光軸との間に所定角度を設けたので、半導体レーザが発するレーザ光が再び半導体レーザに戻るのを防止でき、半導体レーザが放射するレーザ光の強度のゆらぎを低減できる。従って、比較的小さい粒径の粒子も正確に検出できる。

20 【0032】請求項4に係る発明によれば、半導体レーザが放射する励起用レーザ光を凹面鏡でレーザ媒質に集光すると共に、凹面鏡で反射した励起用レーザ光の中心軸(主光線)とレーザ媒質の光軸との間に所定角度を設けたので、励起用レーザ光が再び半導体レーザに戻るのを防止でき、励起用レーザ光の強度にゆらぎが生ぜず、よってレーザ媒質が放射するレーザ光の強度のゆらぎを低減できる。従って、比較的小さい粒径の粒子も正確に検出できる。

20 【0033】請求項5に係る発明によれば、半導体レーザが発するレーザ光を凹面鏡で反射し、集光レンズで集光して粒子検出領域を照射すると共に、凹面鏡で反射したレーザ光の中心軸(主光線)と集光レンズの光軸との間に所定角度を設けたので、半導体レーザが発するレーザ光が再び半導体レーザに戻るのを防止でき、半導体レーザが放射するレーザ光の強度のゆらぎを低減できる。従って、比較的小さい粒径の粒子も正確に検出できる。

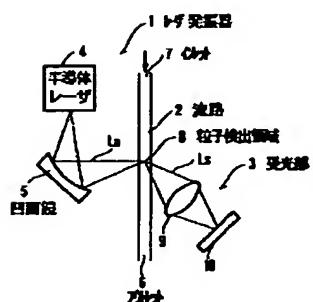
30 【図面の簡単な説明】
【図1】本発明の第1の実施の形態に係る光散乱式粒子検出器の概略構成図
【図2】本発明の第2の実施の形態に係る光散乱式粒子検出器の概略構成図
【図3】本発明の第3の実施の形態に係る光散乱式粒子検出器の概略構成図

40 【図4】本発明の第4の実施の形態に係る光散乱式粒子検出器の概略構成図
【図5】従来の光散乱式粒子検出器の概略構成図

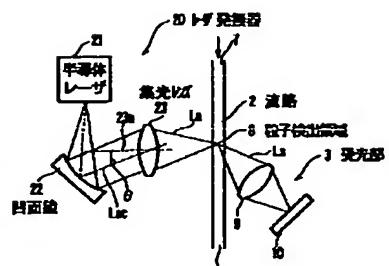
【符号の説明】
1, 20, 30, 40…レーザ発振器、2…流路、3…受光部、4, 21, 31, 41…半導体レーザ、5, 22, 32, 42…凹面鏡、6…アウトレット、7…インレット、8…粒子検出領域、23…集光レンズ、23a…集光レンズの光軸、33, 43…レーザ媒質、33a, 43a…レーザ媒質の光軸、34…反射鏡、44…半透鏡、L_a…レーザ光、L_ec…レーザ光の中心軸

(主光線)、L_e…励起用レーザ光、L_{e c}…励起用レーザ光の中心軸(主光線)、L_s…散乱光。

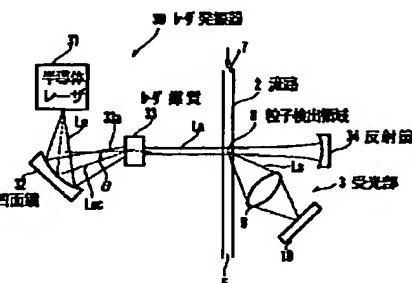
【図1】



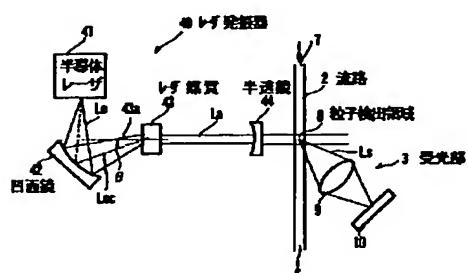
【図2】



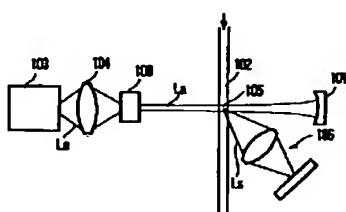
【図3】



【図4】



【図5】



フロントページの続き

(72)発明者 中島 勉

東京都国分寺市東元町3丁目20番41号 リ
オン株式会社内

(72)発明者 水上 敬

東京都国分寺市東元町3丁目20番41号 リ
オン株式会社内

F ターム(参考) 5F072 JJ05 KK05 PP07 YY11

5F088 BA07 BB06 JA12 LA07